

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

JP04/192
PCT/JP2004/000192

14. 1. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 1月14日

出願番号
Application Number: 特願2003-006063

[ST. 10/C]: [JP2003-006063]

出願人
Applicant(s): ヤンマー株式会社

REC'D 27 FEB 2004

WIPO

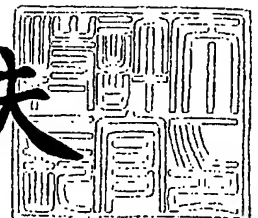
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3008956

【書類名】 特許願

【整理番号】 187278

【提出日】 平成15年 1月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02B 37/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区茶屋町 1 番 3 2 号 ヤンマー株式会社
内

【氏名】 朝井 豪

【特許出願人】

【識別番号】 000006781

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区茶屋町 1 番 3 2 号

【氏名又は名称】 ヤンマー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100065259

【弁理士】

【氏名又は名称】 大森 忠孝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9711690

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃烧室内で空気と燃料を予め混合し、圧縮することにより自着火させる予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、排気弁を圧縮行程中に一時的に再啓開させ、かつ、該再啓開の弁閉時期を自在に変更することにより、有効圧縮比を、各運転領域で最適な自着火時期が得られる有効圧縮比に変更することを特徴とする予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 2】 負荷が小さい運転領域では有効圧縮比を高め、負荷が大きくなるに従い有効圧縮比を低くするように前記再啓開の弁閉時期を制御することを特徴とする請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 3】 機関回転数と負荷に応じて、各運転領域で最適な着火時期が得られる弁閉時期を書き込んだ前記再啓開の弁閉時期マップを作成し、機関運転中、機関回転数と負荷を検出し、前記弁閉時期マップに基づいて、再啓開の弁閉時期を変更することを特徴とする請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 4】 燃料噴射開始時期を、前記再啓開の弁閉時期より遅くすることを特徴とする請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 5】 機関に EGR 装置を備え、EGR 率を検出し、EGR 率の高い運転領域では前記再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、EGR 率の低い運転領域では前記再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低くすることを特徴とする請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 6】 吸気温度を検出し、吸気温度が高い時には、前記再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低め、吸気温度が低い時には前記再啓開の弁閉時期を早くすることを特徴する請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 7】 冷却水温度を検出し、冷却水温度が低い時には排気弁の前記再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、冷却水温度が高い時

には前記再啓開の弁閉時期を遅くすることを特徴する請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 8】 異常燃焼検出センサーによりノッキング等異常燃焼を検出し、異常燃焼時には前記再啓開の弁閉時期を遅くして、異常燃焼が生じない範囲内の最も高い有効圧縮比に変更するように制御することを特徴する請求項 1～7 のいずれかに記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【請求項 9】 各運転領域において最高筒内圧を許容範囲内に抑える制限有効圧縮比マップを作成し、各運転領域において制限有効圧縮比を越えないように前記再啓開の閉時期を設定することを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法に関し、主としてディーゼル機関に適した制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種予混合圧縮自着火式内燃機関は、ディーゼル機関の燃焼改善のために開発されたものであり、燃焼室内で予め燃料と空気の混合気を形成し、この混合気をピストンによる断熱圧縮により昇温、昇圧させ、燃料の発火点において自着火させる燃焼方式である。この方式によると、ディーゼル機関において超リーン燃焼が可能となり、NO_xとスモークの低減を達成することができる。

【0003】

【特許文献 1】 特開 2001-271671 号公報。

【特許文献 2】 特開 2001-280164 号公報。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

有効圧縮比を固定してある従来のディーゼル機関の場合、負荷（当量比）が増加すると、圧縮途中での自着火時期が早くなり、いわゆるノッキング現象を起こ

す場合がある。このノッキングは、機関騒音の増大並びに熱効率の低下を招く。

【0005】

逆に低負荷時には、圧縮後においても、圧力及び温度等の着火要件が揃わない場合があり、失火を招くことがある。

【0006】

予混合圧縮自着火式内燃機関の自着火は、基本的には混合気の温度と筒内圧によって左右されるものであり、この温度と筒内圧は有効圧縮比が主たる要因となって決定される。たとえば過早着火によるノッキングを回避するためには、圧縮中の混合気の温度及び圧力の上昇を自着火限界値以下に抑える必要があり、また、最良の着火時期、すなわち圧縮上死点付近で自着火を起こさせるためには、圧縮上死点における温度及び圧力を最適に制御する必要がある。

【0007】

【発明の目的】

本願発明は、排気弁の再啓開の弁閉時期を変更することにより有効圧縮比を変更し、それにより各種運転領域において最適なタイミングで自着火できるように制御できるようにし、ノッキング及び失火を防止することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本願請求項1記載の発明は、燃焼室内で空気と燃料を予め混合し、圧縮することにより自着火させる予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、排気弁を圧縮行程中に一時的に再啓開させ、かつ、該再啓開の弁閉時期を自在に変更することにより、有効圧縮比を、各運転領域で最適な自着火時期が得られる有効圧縮比に変更することを特徴とする予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法である。

【0009】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の予混合圧縮自着火式内燃機関において、負荷が小さい運転領域では有効圧縮比を高め、負荷が大きくなるに従い有効圧縮比を低くするように前記再啓開の弁閉時期を制御することを特徴としている。

【0010】

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、機関回転数と負荷に応じて、各運転領域で最適な着火時期が得られる弁閉時期を書き込んだ前記再啓開の弁閉時期マップを作成し、機関運転中、機関回転数と負荷を検出し、前記弁閉時期マップに基づいて、再啓開の弁閉時期を変更することを特徴としている。

【0011】

請求項 4 記載の発明は、請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、燃料噴射開始時期を、前記再啓開の弁閉時期より遅くすることを特徴としている。

【0012】

請求項 5 記載の発明は、請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、機関に EGR 装置を備え、EGR 率を検出し、EGR 率の高い運転領域では前記再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、EGR 率の低い運転領域では前記再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低くすることを特徴としている。

【0013】

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、吸気温度を検出し、吸気温度が高い時には、前記再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低め、吸気温度が低い時には前記再啓開の弁閉時期を早くすることを特徴としている。

【0014】

請求項 7 記載の発明は、請求項 1 記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、冷却水温度を検出し、冷却水温度が低い時には排気弁の前記再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、冷却水温度が高い時には前記再啓開の弁閉時期を遅くすることを特徴としている。

【0015】

請求項 8 記載の発明は、請求項 1～7 のいずれかに記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、異常燃焼検出センサーによりノッキング等異常燃焼を検出し、異常燃焼時には前記再啓開の弁閉時期を遅くして、異常燃焼が生じ

ない範囲内の最も高い有効圧縮比に変更するように制御することを特徴としている。

【0016】

請求項9記載の発明は、請求項1～8のいずれかに記載の予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、各運転領域において最高筒内圧を許容範囲内に抑える制限有効圧縮比マップを作成し、各運転領域において制限有効圧縮比を越えないように前記再啓開の閉時期を設定することを特徴としている。

【0017】

【発明の実施の形態】

〔機関の概略〕

図1～図5は、本願発明による制御方法を実施するための予混合圧縮自着火式ディーゼル機関であり、図1はシリンダ部分並びに吸排気装置及び制御機器の配置を含む概略図である。この図1において、シリンダ1内にはピストン2が嵌合すると共に該ピストン2の頂壁とシリンダ1により燃焼室3が形成されており、燃焼室3の天井面には吸気孔5と排気孔6が開口すると共に電子制御式の燃料噴射弁7が配置されている。吸気孔5と排気孔6にはそれぞれ吸気弁8と排気弁9が配置され、両弁8、9はそれぞれ吸気用動弁装置10と排気用可変型動弁装置11に連動連結している。排気用可変型動弁装置11は、圧縮行程中に排気弁9を一時的に再啓開するように構成されており、かつ、再啓開の弁閉時期を、弁閉時期変更手段により変更できるようになっている。

【0018】

機関周辺機器として、エンジンコントローラ15を備えると共に、過給機16、インタークーラ17及びEGR（排気ガス再循環）装置18を備えている。前記吸気孔5は吸気通路20、インタークーラ17、吸気管21、過給機16のコンプレッサ部16a、吸気管22を介して外気に連通し、排気孔6は排気通路25、過給機16のタービン部16b及び排気管26等を介して外気に連通している。排気通路25と吸気通路20との間をEGR装置18のEGR管28が連通しており、該EGR管28には開度調節可能なEGR弁30が設けられている。

【0019】

エンジンコントローラ 15 には、CPU、演算装置及び各種記憶装置と共に、噴射装置 ECU（噴射弁電子制御ユニット）31 と動弁装置 ECU（動弁装置制御ユニット）32 が含まれている。エンジンコントローラ 15 の出力部には前記燃料噴射弁 7 及び動弁装置 10, 11 が接続しており、燃料噴射弁 7 は噴射装置 ECU 31 によって燃料噴射量及び噴射開始時期が制御され、動弁装置 10, 11 は、上記動弁装置 ECU 32 により、弁開閉時期が制御されるようになっている。特に排気用可変型動弁装置 11 では、排気弁 9 の再啓開の弁閉時期が制御されるようになっている。

【0020】

エンジンコントローラ 15 の入力部には、機関回転数センサー 36 及び負荷センサー 37 が接続すると共に、必要に応じて EGR 率認識装置 39、空気（吸気）流量センサー 40、吸気温度センサー 41、冷却水温度センサー 42 及び異常燃焼検出センサー（ノックセンサー等）43 が接続している。

【0021】

EGR 率認識装置 39 は EGR 弁 39 に設けられ、EGR 率を検出（認識）するようになっている。負荷センサー 37 は、アクセル装置 44 あるいは燃料噴射ポンプの燃料増減機構等に設けられ、負荷として燃料噴射量を検出するようになっている。異常燃焼センサー 43 は、シリンダ 1 の側壁あるいはシリンダ 1 内に配置され、シリンダ 1 の異常振動あるいは燃焼室内の異常圧力変動を検出することにより、ノッキング等の異常燃焼を検出するようになっている。空気流量センサー 40 は過給機 16 より上流側の吸気管 22 に設けられ、吸気管 22 内を流れる空気流量を検出するようになっている。機関回転数センサー 36 はクランク軸又はクランク軸に固定されたギヤ 45 あるいはホイール等に配置され、クランク軸回転数（機関回転数）を検出するようになっている。冷却水温度センサー 42 はたとえばシリンダ周りの冷却水ジャケットに配置され、シリンダ周辺の冷却水温度を検出するようになっている。なお、該実施の形態では、上記のように EGR 装置を備えた内燃機関に適用しているが、EGR 装置を備えていない内燃機関の適用することも可能である。

【0022】

[排気用可変型動弁装置の具体例]

図1の排気用可変型動弁装置11は、前述のように再啓開可能に構成されると共に再啓開の弁閉時期が変更可能となっており、その一具体化例を図2～図4により説明する。図2～図4の排気用可変型動弁装置11は複数のカムを利用した動弁装置であり、斜視図を示す図2において、排気弁用のカム軸50には、排気行程用の主カム山51を有する第1の排気カム52と、再啓開用の可動カム山53を有する第2の排気カム54が設けられており、各排気カム52, 54はそれぞれタペット60, 61を介して同じ排気用ロッカーアーム62に連結し、同時並行使用されるようになっている。第1の排気カム52はカム軸50と一体に形成されているが、第2の排気カム53は、図3に示すようにカム軸50と別体に形成され、回転方向にはカム軸50と一体的に回転するが、軸芯方向に位置変更可能となるようにキーあるいはスプライン嵌合している。

【0023】

図4は第2の排気カム54の平面図であり、可動カム山53は軸方向に沿って周方向の幅が変化しており、カム軸50に対して第2の排気カム54の軸方向位置を変更することにより、タペット61が当接するカム山53のプロファイルを変更し、再啓開の弁閉時期及び弁閉時期を変更できるようになっている。該実施の形態では、再啓開の弁閉時期は常に下死点付近となるように、カム山53の回転方向の前端53aが軸芯方向と平行に設定され、一方、弁閉時期は任意に変化できるように、カム山53の回転方向の後端53bが軸心方向に対して傾斜している。なお、図4は可動カム山53の形状を明確にするために可動カム山53と第2排気カム54のカム円との境を実線で示してあるが、実際は段を有することなく、滑らかに連続している。

【0024】

図2～図4に示す排気用可変型動弁装置11は単なる一例であり、このような構造の他に、たとえば図2のように排気行程用の主カム山51を有する第1の排気カム52と、再啓開用の可動カム山53を有する第2の排気カム54を備えた排気用可変型動弁装置において、再啓開用の第2の排気カム54をカム軸50に対して回転方向に位置変更可能とし、再啓開用の可動カム山53の位置を回転方

向にずらすことにより、弁閉時期を変更可能とすることも可能である。なお、この場合は、可動カム山 53 の回転方向前端の弁閉時期に対応する部分は、第 1 の排気カム 52 の主カム山 51 と常にオーバーラップするように形成する。

【0025】

また、排気行程用のカム山と再啓開用のカム山を一体に備えた排気カムを複数種類備え、各再啓開用のカム山の位相を異なるものとし、複数段式に切換える構造とすることも可能である。

【0026】

[再啓開行程]

図 5 は機関の排気弁再啓開の様子を示しており、上段に示す吸気行程においては、吸気弁 8 が開いていることにより、吸気が吸気孔 5 から燃焼室 3 内に供給され、中段に示すピストン上昇過程の圧縮行程前期においては、吸気弁 8 が閉じられると共に下死点付近から排気弁 9 が一時的に再啓開し、燃焼室 3 内の圧縮圧力を排気孔 6 から抜いている。そして、下段に示す圧縮行程中期及び後期においては、再啓開の排気弁 9 も閉じ、実質的に吸気が圧縮される。すなわち、排気弁 9 を下死点付近の位置から一時的に再啓開することにより、圧縮開始時期を遅らせ、それにより有効圧縮比を下げるができるようになっている。

【0027】

【燃焼の制御方法 1】

燃焼の制御方法を説明する前提として、図 7～図 10 により、排気弁 9 の再啓開における弁閉時期と筒内温度及び着火時期との関係（図 7）、筒内温度と着火遅れとの関係（図 8）、当量比（負荷）と自着火温度との関係（図 9）並びに機関回転数及び負荷の変化に対する機関の有効運転領域（図 10）の関係を説明する。

【0028】

[筒内温度と着火遅れとの関係]

図 8 は、筒内温度及び筒内圧力の変化と、着火遅れとの関係を示す仮実験のデータであり、変化曲線 G1, G2, G3 は、筒内圧力が $G1 < G2 < G3$ の関係となっている。各変化曲線 G1, G2, G3 は、筒内温度が高くなる程自着火遅れが短くなる

ことは共通の特性であるが、低圧力の曲線G1から曲線G2, G3へと圧力が高くなるに従い、着火遅れが短くなっていることが理解できる。

【0029】

[排気弁の再啓開の弁閉時期と筒内温度及び着火時期との関係]

図7は、排気弁の再啓開(B0～B3)の弁閉時期 θ_{ec} が、たとえば $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ と変化した場合に、筒内温度(A0～A3)がどのように変化するかを示す図である。縦軸は排気弁リフト量及び筒内温度であり、横軸はクランク角度である。この図7により、再啓開の弁閉時期 θ_{ec} が θ_0 から θ_3 へ順次遅れるにしたがい、有効圧縮比が低くなることにより、筒内温度の上昇が遅くなると共に着火時期が遅くなることが理解できる。

【0030】

具体的に説明すると、図7には弁閉時期 θ_{ec} が θ_0 から θ_3 まで変化する4つ再啓開B0, B1, B2, B3を例として表示しており、各再啓開B0～B3の弁閉時期は圧縮行程下死点(排気行程下死点)BDC付近に揃っている。筒内温度の変化曲線A0, A1, A2, A3は、それぞれ再啓開B0, B1, B2, B3に対応している。また、 T_{f1}, T_{f2}, T_{f3} は当量比等の条件によって変化する自着火温度を示している。

【0031】

この図7において、弁閉時期 θ_{ec} が最も早い再啓開B0の場合は、長い実圧縮ストロークを確保することにより有効圧縮比が高くなり、それにより温度上昇が最も早く、かつ、筒内最高温度も最も高くなる。上記再啓開B0に対して、再啓開B1, B2及びB3のように弁閉時期 θ_{ec} が遅くなるに従い、有効圧縮比が順次低下し、温度上昇が遅くなると共に筒内最高温度も下がってくる。

【0032】

着火時期は、各筒内温度変化曲線A0, A1, A2, A3と自着火温度 T_{f1}, T_{f2}, T_{f3} との交点から求められが、いずれの自着火温度 T_{f1}, T_{f2}, T_{f3} の場合でも、最も早い弁閉時期 θ_0 に対応する筒内変化曲線A0における着火時期が最も早くなり、弁閉時期が θ_1, θ_2 及び θ_3 と遅くなるに従い、それらに対応する変化曲線A1, A2及びA3の着火時期は順次遅くなる。すなわち、再啓開の弁閉時期 θ_{ec} が早くなれば自着火時期も早くなり、弁閉時期 θ_{ec} が遅くなれば自着火時期も遅くなる

関係となっている。

【0033】

[当量比（負荷）と筒内温度との関係]

図9は当量比と自着火温度との関係であり、燃焼室内の混合気の当量比が高くなるに従い、すなわち負荷が増大するに従い、自着火温度が下がる。すなわち、負荷（噴射量）が増加すると、自着火温度が下がり、それにより自着火時期が早くなることが分かる。

【0034】

[機関回転数及び負荷の変化に対する有効運転領域]

図10は当量比（負荷）及び機関回転数の変化に対する機関の有効運転領域を示しており、有効運転領域内を有効圧縮比の高、中、低の3つに区分けしてあるが、これは便宜上の表現であって、最適な自着火時期を確保するための有効圧縮比は実際には無段階で変更される。

【0035】

この図10において、前述のように当量比（負荷）が大きい場合には、自着火温度が下がる傾向にあるので、有効圧縮比を低くすることにより、自着火時期を遅らせ、上死点付近の最適な時期まで変更する。これにより最適な燃焼を得ることができる。一方、当量比（負荷）が小さい場合には、噴射量（又は当量比）が少なくなり、自着火温度が上がる傾向にあるので、有効圧縮比を高くすることにより、自着火時期を早めて上死点付近の最適な時期に変更する。これにより最適な燃焼を得ることができる。

【0036】

[再啓開の弁閉時期マップ]

図11は、図1のエンジンコントローラの記憶装置に書き込まれる再啓開の弁閉時期マップであり、図7～図9で説明した関係を基に、負荷に関しては、負荷の増加に応じて弁閉時期を遅らせ、一方、機関回転数に関しては、機関回転数の増加に応じて弁閉時期を早め、いずれも各運転状況で、最適な有効圧縮比及び上死点付近の最適な着火時期が得られるように作成されている。

【0037】

[再啓開の弁閉時期に対する燃料噴射時期の設定]

図12は、横軸がクランク角度であり、縦軸は上段が筒内温度、中段が排気弁リフト量、下段が燃料噴射を示している。噴射時期の制御に関しては、図1のエンジンコントローラ15の記憶装置に、負荷及び機関回転数に応じた噴射時期マップが書き込まれるが、これに加え、噴射時期マップにより求められた噴射開始時期 θ_i と弁閉時期マップにより求められた弁閉時期 θ_{ec} を比較して、噴射時期 θ_i が弁閉時期 θ_{ec} より早い場合には、図12のように噴射時期 θ_i を弁閉時期 θ_{ec} よりもクランク角度 α だけ遅らせるように制御するようにプログラムに組み込まれている。

【0038】

[機関回転数と負荷による燃焼制御の概要]

図6は機関回転数 N と負荷（当量比） L により機関の燃焼制御を行う場合のフロー図であるが、この図6では、EGR率、吸気温度、空気流量及び冷却水温度は考慮に入れていない。

【0039】

図6のステップS1において、検出された機関回転数 N と負荷 L を入力し、ステップS2-1において、動弁装置ECU32（図1）により、弁閉時期マップ（図11）に基づき、入力された機関回転数 N と負荷 N に応じた最適な着火時期が得られる弁閉時期 θ_{ec} を求める。

【0040】

一方、ステップS2-2では、噴射装置ECU31（図1）により、噴射時期マップに基づき、機関回転数と負荷に応じた最適な噴射時期を求める。具体的には噴射開始時期 θ_i と噴射終了時期が求められる。

【0041】

ステップS2-1,2-2からそれぞれステップS3に進み、弁閉時期 θ_{ec} と噴射開始時期 θ_i とを比較し、弁閉時期 θ_{ec} が噴射開始時期 θ_i より早いかな否かを判別し、YESであれば、すなわち弁閉時期 θ_{ec} が早ければ、ステップS4に進み、前記求められた弁閉時期 θ_{ec} と噴射時期 θ_i となるように、図1の燃料噴射弁7及び排気用可変動弁装置11を制御する。

【0042】

ステップS4においてNOであれば、すなわち弁閉時期 θ_{ec} が噴射時期 θ より遅い場合には、そのままでは噴射燃焼が排気孔6を通して抜けるので、ステップS5において、まず噴射開始時期 θ_i と弁閉時期 θ_{ec} との差を求め、ステップS6において、弁閉時期 θ_{ec} に対する適性な遅れ角 α を求め、ステップS7において、噴射開始時期 θ_i を弁閉時期 θ_{ec} よりも角度 α だけ遅れた時期に変更し、図1の燃料噴射弁7及び排気用可変動弁装置11を制御する。

【0043】

再啓開の弁閉時期 θ_{ec} の変更による有効圧縮比及び自着火の着火時期の制御について、図7により少し具体的に説明する。図7において、自着火温度が T_{f2} の運転状態において、上死点TDC付近の最適な着火時期E2を得るためには、筒内温度変化曲線A2に対応する筒内温度変化が必要となるが、該筒内温度変化曲線A2を得るためには、弁閉時期 θ_2 の再啓開B2で運転する必要がある。すなわち、機関回転数及び負荷の変化により自着火温度が T_{f2} で運転する場合、弁閉時期マップに基づき温度変化曲線A2に対応する弁閉時期 θ_2 が求められ、該弁閉時期 θ_2 により排気用可変型動弁装置11（図1）が駆動される。

【0044】

上記筒内温度変化曲線A2の状態から負荷が増加し、自着火温度が T_{f3} まで下がった場合には、自着火の着火時期は点E2から点E4まで移るが、過早着火により燃焼異常（ノッキング）を起こす可能性がでてくる。これに対し、弁閉時期マップに基づき、弁閉時期 θ_{ec} を θ_3 まで遅らせることにより、有効圧縮比を下げ、筒内温度曲線をA3まで変化させると、自着火の着火時期は点E4から上死点付近の点E3に移り、最適な着火時期がえられる。

【0045】

反対に筒内温度変化曲線A2の状態から負荷が減少し、自着火温度が T_{f1} まで上がった場合には、自着火の着火時期は点E2から点E5に移るが、上死点よりも遅くなるために、着火条件が整わずに、失火の可能性がでてくる。これに対しては、弁閉時期マップに基づいて弁閉時期 θ_{ec} を θ_1 まで早め、有効圧縮比を上げ、筒内温度変化曲線A1まで変化させると、自着火の着火時期は上死点付近の点

E1に移り、最適な着火時期がえられる。

【0046】

このように機関回転数及び負荷の変化に応じて、排気弁9の再啓開の弁閉時期 θ_{ec} を変更することにより、各運転領域において最適な有効圧縮比を実現し、これにより、自着火時期を、上死点又はその近傍の最適な時期に自在に制御することができる。

【0047】

なお、図12において、該実施の形態では、噴射時期は初期噴射M1と後期噴射M2の二回に分けられるが、初期噴射M1は概ね圧縮行程の中期から中前期辺りに設定される。

【0048】

【制御方法2】

図13～図15は、前記制御方法1に、EGR率をパラメータの1つとして加えた制御方法である。基本的な制御は制御方法1で説明しているので、重複説明は省略し、EGR率に関することのみ説明する。入力要素としては、図1のEGR率認識装置39により認識されるEGR率と、空気流量センサー40からの空気流量が加えられる。

【0049】

図14はEGR率と自着火の着火時期との関係であり、EGR率が大きくなると燃焼室内の混合中のCO₂が増加し、それにより着火時期が遅くなり、着火性が低下することを示している。

【0050】

図15はEGR率と目標有効圧縮比との関係を示しており、上記のようにEGR率の増加により着火性が悪くなることから、着火性を向上させるためには、EGR率が大きくなるのに対応して、目標有効圧縮比を大きくする必要がある。そのためには、図11のような弁閉時期マップにおいてEGR率の変化を加える場合に、EGR率が高くなるのに対応させて、弁閉時期が早くなるように設定し、これにより有効圧縮比を高め、着火時期が上死点付近の最適な位置になるように作成する。

【0051】

図13はフロー図であり、ステップS1-1において機関回転数N及び負荷Lを入力し、ステップS1-2においてEGR率と空気流量を入力する。ステップS2において、噴射装置ECUにより、噴射量マップに基づき、入力された機関回転数NLと負荷Lから最適な基本噴射量を求め、ステップS3に進む。該ステップS3では、上記基本噴射量と、EGR率と、空気流量とから、混合気の当量比を求め、ステップS4に進む。

【0052】

ステップS4では、上記求められた当量比から要求有効圧縮比を求め、ステップS5に進む。ステップS5では、求められた要求有効圧縮比から弁閉時期 θ_{ec} を求め、ステップS6に進み、排気弁の再啓開の弁閉時期 θ_{ec} を、上記求められた弁閉時期に変更する。

【0053】

なお、ステップS3において、噴射量と空気流量とから仮の当量比を計算し、ステップS4において、破線で示すようにEGR率を加味し、混合気の実際の当量比を求めるフローとすることも可能である。

【0054】

要するに、基本的には、EGR率の増加に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を早くして有効圧縮比を高め、反対に、EGR率の減少に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を遅らせて有効圧縮比を低くするように制御する。

【0055】**【制御方法3】**

図16～図18は、前記制御方法2に、吸気（給気）温度をさらにパラメータの1つとして加えた制御方法である。吸気温度以外のパラメータによる制御方法は前記制御方法1及び2で説明しているので、重複説明は避け、ここでは吸気温度に関することのみ説明する。制御の入力要素としては、吸気温度センサーからの給気（吸気）温度が加えられる。

【0056】

なお、図1は過給機16を備えたディーゼル機関なので、該制御方法2の説明

では、「吸気」、「吸気温度」及び「吸気温度センサー」を、それぞれ「給気」、「給気温度」及び「給気温度センサー」と称して説明する。

【0057】

図17は給気温度と着火時期との関係であり、給気温度が低くなるに従い、着火時期が遅くなり、着火性が低下することを示している。

【0058】

図18は給気温度と目標有効圧縮比との関係を示しており、上記のように給気温度の低下により着火性が悪くなることから、着火性を向上させるためには、給気温度が低下するのに対応して、目標有効圧縮比を大きくさせる必要がある。そのためには、図11の弁閉時期マップにおいて給気温度の変化を加味する場合に、給気温度が低くなるのに対応させて、弁閉時期 θ_{ec} が早くなるように設定し、自着火の着火時期が上死点付近の最適な位置になるようにする。

【0059】

図16はフロー図であり、ステップS1-1, S1-2, S2及びS3は図13と同様であり、重複説明は省略する。ステップS1-3においては、機関回転数等と並行して給気温度を入力する。ステップS4において、ステップS3で求められた当量比と給気温度とから要求有効圧縮比を求め、ステップS5に進む。ステップS5では、求められた要求有効圧縮比から弁閉時期 θ_{ec} を求め、ステップS6に進み、排気弁の再啓開の閉時期 θ_{ec} を上記求められた弁閉時期に変更する。

【0060】

要するに、基本的には、給気（吸気）温度の低下に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を早くして有効圧縮比を高め、反対に、吸気温度の上昇に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を遅らせて有効圧縮比を低くするように制御する。

【0061】

【制御方法4】

図19～図21は、前記制御方法2に、冷却水温度をさらにパラメータの1つとして加えた制御方法である。冷却水温度以外のパラメータによる制御方法は制御方法1及び2で説明しているので、ここでは冷却水温度に関することのみ説明する。制御の入力要素としては、図1の冷却水温度センサー42からの冷却水温

度が加えられる。

【0062】

図20は冷却水温度と自着火時期との関係であり、冷却水温度が低くなるに従い、シリンダの温度が低下することから、着火時期が遅くなり、着火性が低下することを示している。

【0063】

図21は冷却水温度と目標有効圧縮比との関係を示しており、上記のように冷却水温度の低下により着火性が悪くなることから、着火性を向上させるためには、冷却水温度が低下するのに対応して、目標有効圧縮比を大きくさせる必要がある。そのためには、図11のような弁閉時期マップにおいて冷却水温度の変化を加味する場合に、冷却水温度が低くなるのに対応させて、弁閉時期 θ_{ec} を早くするように設定し、自着火の着火時期 θ_{ec} が上死点付近の最適な位置になるようにする。

【0064】

図19はフロー図であり、ステップS1-1, S1-2, S2及びS3は図13と同様であり、説明は省略する。ステップS1-3においては、機関回転数等と並行して冷却水温度を入力する。ステップS4において、ステップS3で求められた当量比と冷却水温度から要求有効圧縮比を求め、ステップS5に進む。ステップS5では、求められた要求有効圧縮比から弁閉時期 θ_{ec} を求め、ステップS6に進み、弁閉時期 θ_{ec} を上記求められた弁閉時期に変更する。

【0065】

要するに、基本的には、冷却水温度の低下に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を早くして有効圧縮比を高め、反対に、冷却水温度の上昇に対しては、弁閉時期 θ_{ec} を遅らせて有効圧縮比を低くするように制御する。

【0066】

【制御方法5】

図22及び図23は、前記制御方法1～4等に加え、過早着火によるノッキングあるいは急激な圧力上昇による燃焼騒音をより確実に防止するため、図1の異常燃焼センサー43による異常燃焼の検出をパラメータの1つとして加えた制御

方法である。異常燃焼センサー 43 としては、具体的にはノックセンサーを用いる。なお、ノックセンサー以外のパラメータによる制御方法は制御方法 1～4 で説明しているので、ここではノックセンサーに関することのみ説明する。

【0067】

図 23 は着火特性を示しており、横軸は有効圧縮比、縦軸は着火時期、Y は自着火の着火特性線である。斜線で示す領域は、許容着火時期限界 H1 と、許容有効圧縮比限界 H2 で囲まれた有効運転領域（燃焼許容領域）であり、着火特性が有効運転領域から外れると、過早着火によるノッキングが起こる。

【0068】

上記のように着火特性が有効運転領域から外れた場合に、同領域内に戻すように排気弁の再啓閉の弁閉時期 θ_{ec} を遅らせ、有効圧縮比を下げるように制御する。ただし、有効圧縮比を下げる場合には、有効運転領域内で可能な限り高い有効圧縮比が確保できるように有効圧縮比を下げる。

【0069】

具体的には、着火特性線 Y 上の有効運転領域外の点 X1 で運転している場合に、ノッキングが生じ、異常燃焼センサー 43 によりそれを検出した場合には、有効運転領域の限界線 H1、H2 の間近の点 X2 近傍に有効圧縮比が下がるように、弁閉時期を遅らせる。

【0070】

図 22 はフロー図であり、ステップ S1～S6 までは、前記制御方法 2～5 を組み合わせたものであり、説明は省略する。ステップ S7 において、異常燃焼検出センサーからの異常検知信号が入力されているか否かを判別し、異常燃焼が生じていない場合、すなわち NO の場合は、そのまま制御は終了する。ステップ S7 において、YES の場合、すなわち過早着火によりノッキングが生じ始めた場合は、ステップ S8 に進み、弁閉時期 θ_{ec} を所定角度 $\delta\theta$ を遅らせ、ステップ S6 に戻る。

【0071】

要するに、機関回転数、負荷、吸気温度及び EGR 等の検出に基づいて燃焼を制御しても、なおかつノッキング等の異常燃焼が発生する場合に、このように異

常燃焼センサーによる制御によって、異常燃焼を解消する。

【0072】

なお、異常燃焼センサーとしては、着火遅れによる失火等を検出するセンサーを用いることもでき、この場合は、異常燃焼検出時、再啓開の弁閉時期を早めることにより、有効圧縮比を上げ、着火時期を早めることになる。

【0073】

【制御方法6】

図24及び図25は、前記制御方法1～4に、各運転領域での筒内圧が許容最高筒内圧を越えないように抑制する制御を加えたものである。各運転領域で許容最高筒内圧に対応する制限有効圧縮比マップを作成し、排気用可変型動弁装置への指示信号が、制限有効圧縮比マップの値を越えないように、再啓開の弁閉時期を遅らせ、筒内圧力が許容最高筒内圧を越えないように制御する。

【0074】

図25は、縦軸が排気弁リフトと筒内圧、横軸がクランク角であり、この図25において、ある運転領域の許容筒内圧が P_a の時、弁閉時期が θ_1 の再啓開B1で運転していると、筒内圧 P_1 は許容最高筒内圧 P_a を越えることになり、シリンダに影響を与える。

【0075】

これに対して、最高有効圧縮比マップに基づいて弁閉時期を θ_2 まで遅くすることにより、有効圧縮比を下げ、許容最高筒内圧 P_a より低い筒内圧 P_2 まで下げる。有効圧縮比を下げる度合は、筒内圧 P_2 の最高点が許容最高筒内 P_a 付近で停まるように設定する。すなわち、許容最高筒内圧 P_a の領域内で、できるだけ高い筒内圧を得られるように設定する。

【0076】

図24はフロー図であり、ステップS1～S4までは、前記制御方法2～4を組み合わせたものなので、説明は省略する。ステップS5において、要求有効圧縮比が最高有効圧縮比マップの最高有効圧縮比の値より小さいか否かを判別し、YES、すなわち小さければステップS6に進み、要求有効圧縮比に対応する弁閉時期 θ_{ec} を求め、求めた弁閉時期 θ_{ec} 及び噴射時期 θ_i により機関を駆動する。

【0077】

上記ステップS5においてNOの場合、すなわち要求有効圧縮比が最高有効圧縮比マップの最高有効圧縮比を越える場合は、ステップS7に進み、最高有効圧縮比より小さくなるように要求有効圧縮比を補正し、再びステップS5に戻る。

【0078】

要するに、機関回転数、負荷、吸気温度及びEGR等の検出に基づいて燃焼を制御しても、なおかつ筒内圧が許容最高筒内圧を上回る場合には、弁閉時期 θ_{ec} を遅らせることにより有効圧縮比を下げ、筒内圧の過上昇によるシリンダへの影響を防ぐ。

【0079】

【その他の発明の実施の形態】

本願発明は、ガス、ガソリン直噴式内燃機関にも適用可能である。

【0080】

【発明の効果】

以上説明したように本願発明は、燃焼室内で空気と燃料を予め混合し、圧縮することにより自着火させる予混合圧縮自着火式内燃機関の制御方法において、排気弁を圧縮行程中に一時的に再啓開させ、かつ、該再啓開の弁閉時期を自在に変更することにより、有効圧縮比を、各運転領域で最適な自着火時期が得られる有効圧縮比に変更するようにしているので、次のような利点がある。

【0081】

(1) 従来、制御が困難であった予混合圧縮自着火式内燃機関の着火時期を、排気弁の再啓開の変更調節、特にその弁閉時期を変更調節することにより制御するようにしている、各運転領域で最適な有効圧縮比と共に最適な自着火時期を簡単かつ的確に制御でき、これにより、過早着火の抑制（熱効率の低下阻止）、燃焼騒音の低減並びに広い運転範囲での低噴射の燃焼が容易に実現可能となる。また、着火遅れによる失火も効果的に防ぐことができる。

【0082】

(2) 上記(1)の構成に加え、負荷が小さい運転領域では有効圧縮比を高め、負荷が大きくなるに従い有効圧縮比を低くするように排気弁再啓開の弁閉時期を

制御するようにすると、負荷減少時には着火遅れを補正して、良好な着火性を確保でき、また、負荷増大時には過早着火を抑制し、ノッキング等を効果的に防止できる。

【0083】

(3) 上記(1)の構成に加え、機関回転数と負荷により、排気弁の再啓開の閉時期マップを形成し、該排気弁の再啓開の弁閉時期マップにより、排気弁の弁閉時期を変更するようにすると、電子制御機関でセンシングが一般的になっている機械回転数と負荷をパラメータとして利用していることにより、制御ロジックが簡素になり、簡便に排気弁の動作を定義することができる。

【0084】

(4) 上記(1)の構成に加え、燃料の噴射開始時期を、上記再啓開の弁閉時期より遅くするようにすると、再啓開時に噴射燃焼を排気孔から抜けるのを防止でき、燃焼の浪費を防ぐことができる。

【0085】

(5) 上記(1)の構成に加え、EGR装置を備えた内燃機関において、EGR率の高い運転領域では排気弁の再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、EGR率の低い運転領域では排気弁の再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低くするようにしていると、EGR率の変更に伴って混合気の着火性(自着火時期)が変化しても、最適な着火時期に補正することができる。

【0086】

(6) 上記(1)の構成に加え、吸気(給気)温度を検出し、吸気温度が高い時には、排気弁の再啓開の弁閉時期を遅くすることにより有効圧縮比を低め、吸気温度が低い時には再啓開の弁閉時期を早くするようにしていると、吸気温度の変化に伴って混合気の着火性が変化しても、最適な着火時期にそれを補正することができる。

【0087】

(7) 上記(1)の構成に加え、冷却水温度を検出し、冷却水温度が低い時には排気弁の再啓開の弁閉時期を早くすることにより有効圧縮比を高め、冷却水温度

が高い時には再啓開の弁閉時期を遅くするようにすると、冷却水温度の変化に伴って混合気の着火性が変化しても、最適な着火時期にそれを補正することができる。

【0088】

(8) 上記(1)の構成に加え、ノックセンサーによりノックを検出した時には、有効圧縮比を下げると共に、ノック限界内で最も高い有効圧縮比を維持するようにすると、運転条件の大きな変化により、仮に前記各制御下において過早着火によるノッキング等が生じても、ノッキングが生じない範囲まで補正できると共に、ノックが生じない状態で熱効率を高く維持することができる。

【0089】

(9) 各運転領域において最高筒内圧を許容範囲内に抑える制限有効圧縮比マップを作成し、各運転領域において制限有効圧縮比を越えないように排気弁の再啓開の弁閉時期を設定するようにしていると、仮に前記各制御下において過大な筒内圧が発生する状況になっても、簡単かつ速やかに筒内圧を許容最高筒内圧より低く補正でき、シリンダ等への影響を無くすることができる。

【0090】

(10) なお、排気弁を圧縮行程において再啓開する効果としては、過給機を備えた内燃機関において、過給機を性能アップして過給圧を増加させても、排出される給気が給気ポートから燃焼室に入る加圧給気の抵抗となることはなく、給気流量を十分に確保できると共に、過給機の負担が軽減され、過給機効率が向上する。また、給気弁の遅閉じ方法に比べ、給気ポートにおける給気温度の上昇を防ぐことができ、充填効率の低下を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本願発明による制御方法を実施する予混合圧縮自着火式ディーゼル機関の概略図である。

【図2】 排気用可変型動弁装置の斜視図である。

【図3】 図2の排気カムの軸芯と直角な切断面での断面図であって、両排気カムを並列に記載した図である。

【図4】 図2の可変型動弁装置の再啓開用カムの平面図である。

- 【図 5】 再啓開を行なうピストン行程を示すシリンダの断面略図である。
- 【図 6】 本願発明による第 1 の制御方法を示すフロー図である。
- 【図 7】 排気弁再啓開と筒内温度の変化との関係を示す図である。
- 【図 8】 筒内温度と着火遅れの関係を示す図である。
- 【図 9】 当量比と自着火温度との関係を示す図である。
- 【図 10】 機関回転数及び負荷の変化に対する有効運転領域を示す図である。
- 【図 11】 弁閉時期マップを示す図である。
- 【図 12】 再啓開の弁閉時期と噴射開始時期との関係を示す図である。
- 【図 13】 本願発明による制御方法 2 を示すフロー図である。
- 【図 14】 EGR 率と着火時期との関係を示す図である。
- 【図 15】 EGR 率と目標有効圧縮比との関係を示す図である。
- 【図 16】 本願発明による制御方法 3 を示すフロー図である。
- 【図 17】 吸気温度と着火時期の関係を示す図である。
- 【図 18】 吸気温度と目標有効圧縮比との関係を示す図である。
- 【図 19】 本願発明による制御方法 4 を示すフロー図である。
- 【図 20】 冷却水温度と着火時期の関係を示す図である。
- 【図 21】 冷却水温度と目標有効圧縮比との関係を示す図である。
- 【図 22】 本願発明による制御方法 6 を示すフロー図である。
- 【図 23】 着火特性と有効運転領域との関係を示す図である。
- 【図 24】 本願発明による制御方法 7 を示すフロー図である。
- 【図 25】 筒内圧の変化を示す図である。

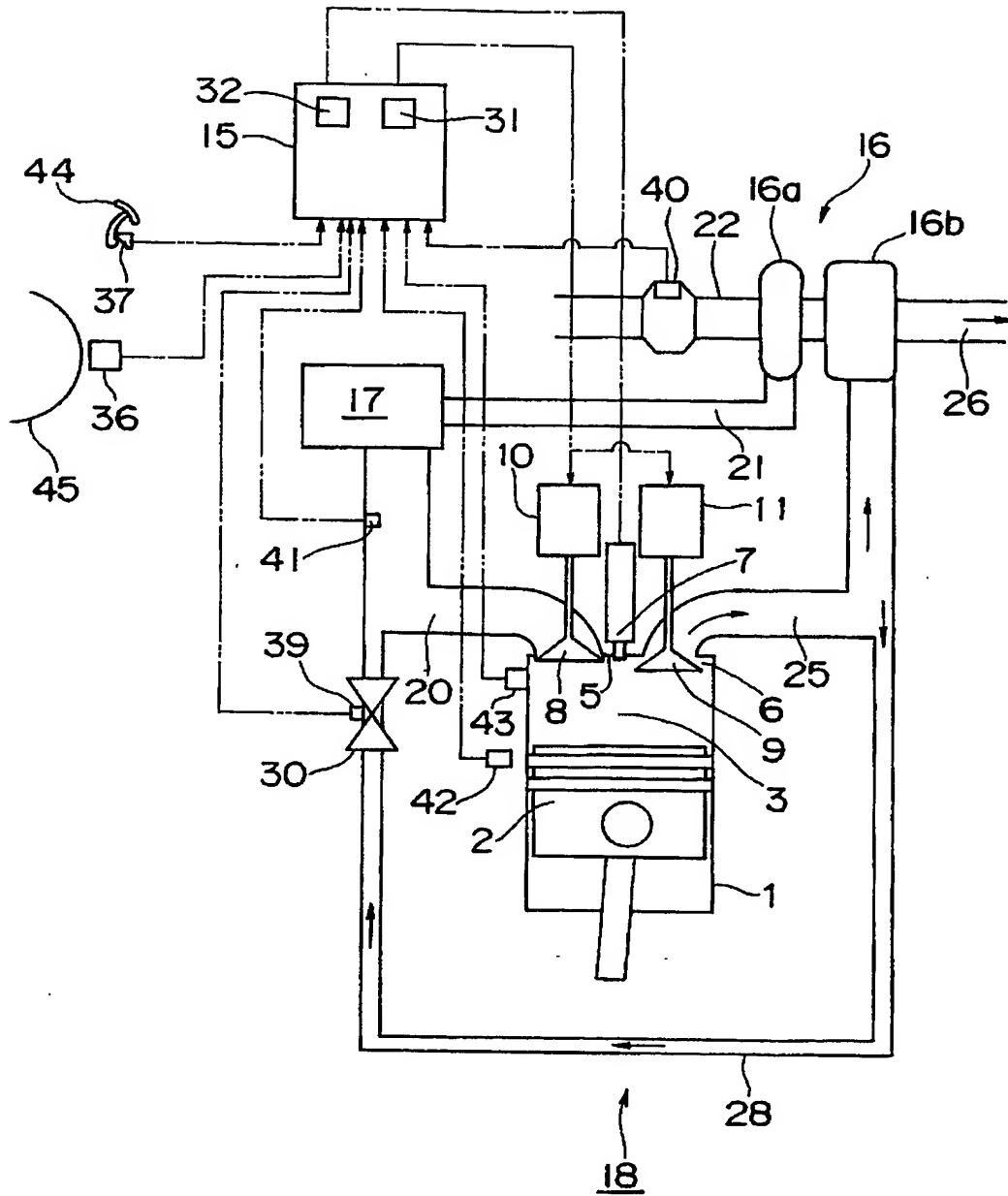
【符号の説明】

- 1 シリンダ
- 2 ピストン
- 3 燃焼室
- 5 吸気孔
- 6 排気孔
- 7 燃料噴射弁

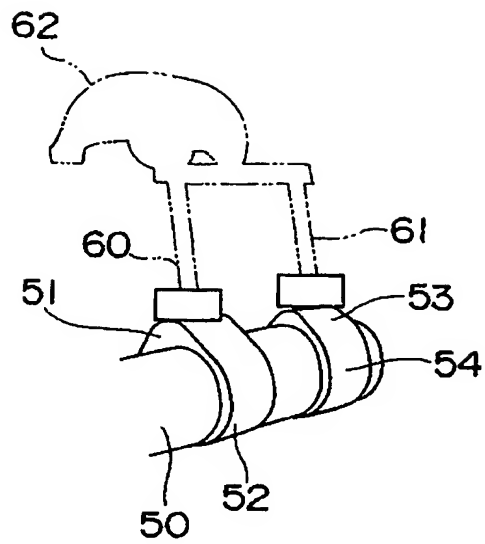
- 8 吸気弁
- 9 排気弁
- 1 1 排気用可変型動弁装置
- 1 5 エンジンコントローラ
- 2 2 吸気管
- 3 1 噴射装置 E C U
- 3 2 動弁装置 E C U
- 3 6 回転数検出センサー
- 3 7 負荷検出センサー
- 4 0 空気流量検出センサー
- 4 1 吸気（給気）温度センサー
- 4 2 冷却水温度センサー
- 4 3 異常燃焼検出センサー（ノックセンサー）

【書類名】 図面

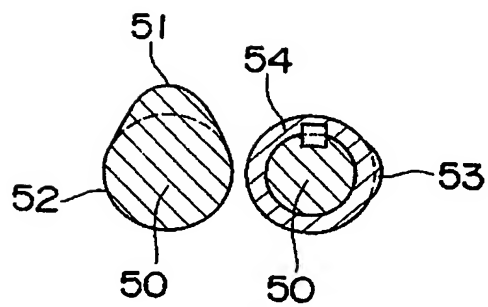
【図 1】



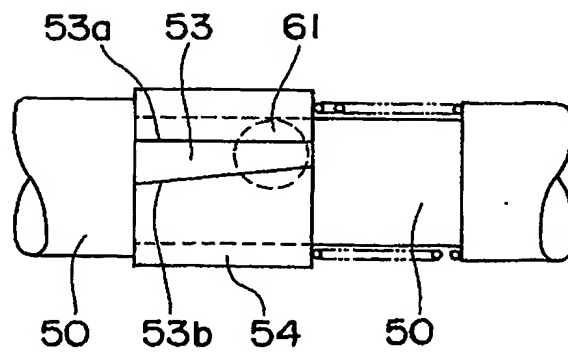
【図 2】



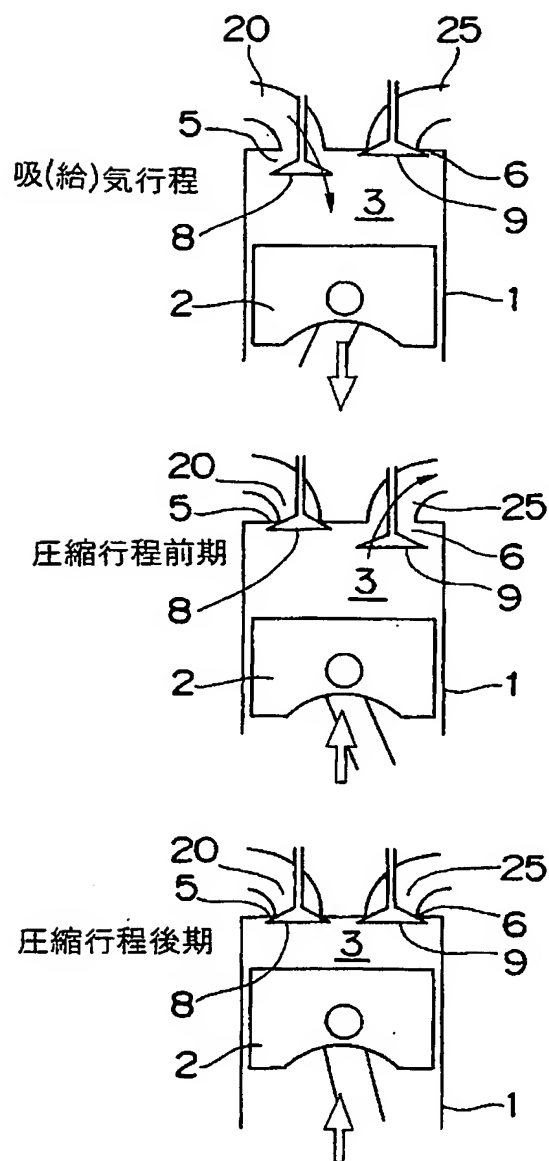
【図 3】



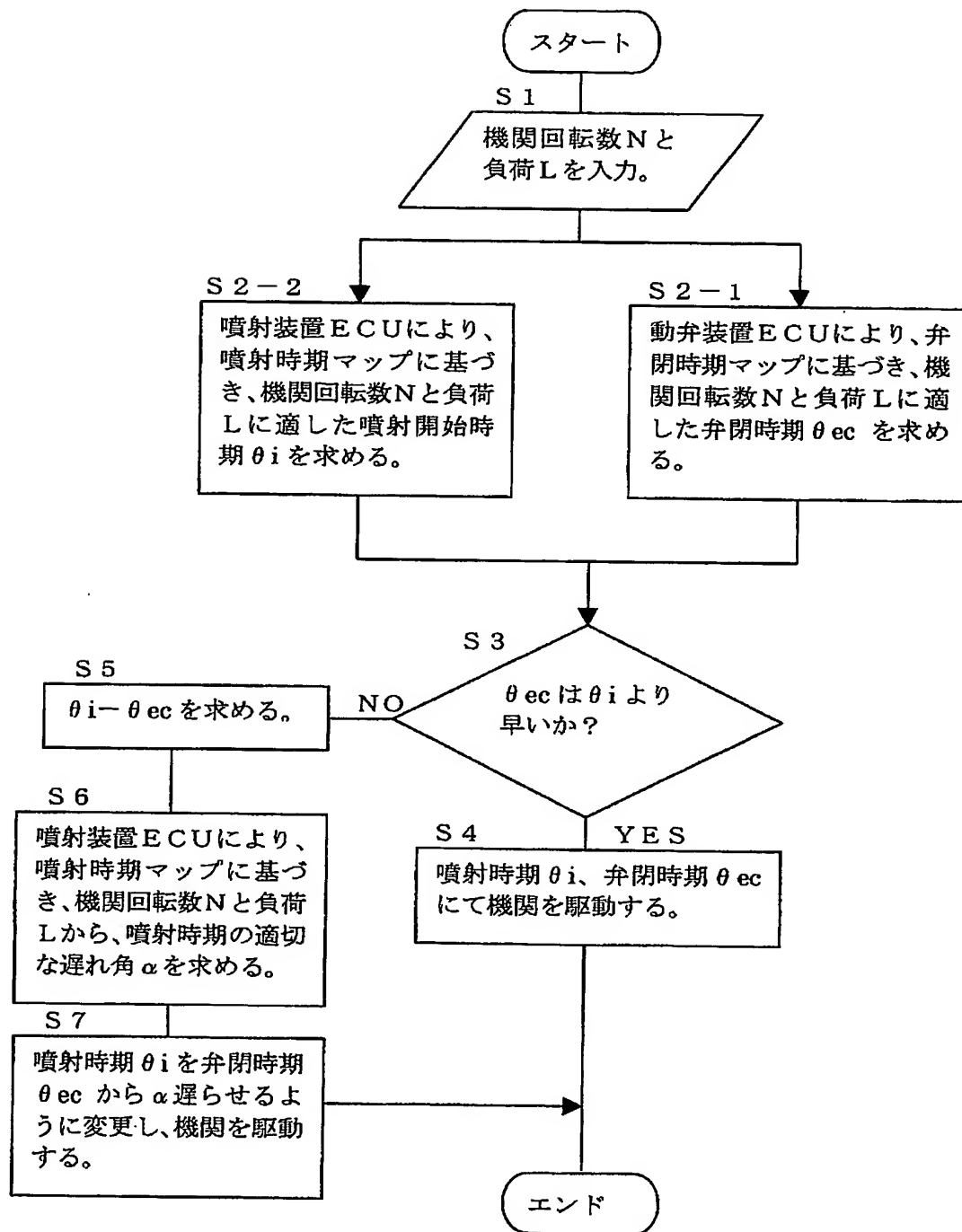
【図 4】



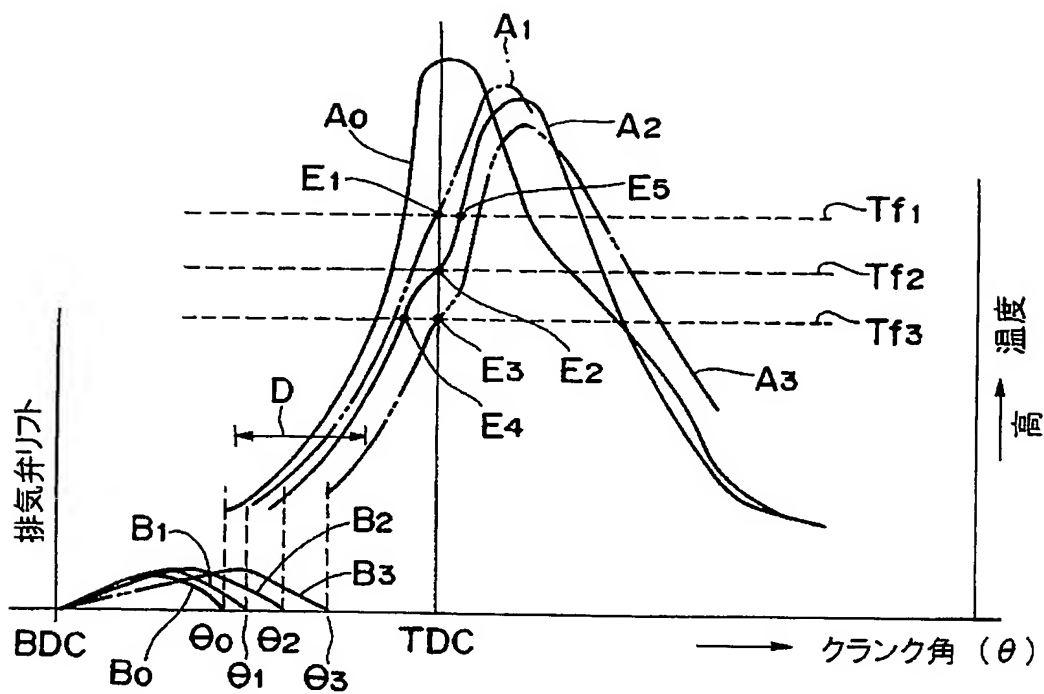
【図 5】



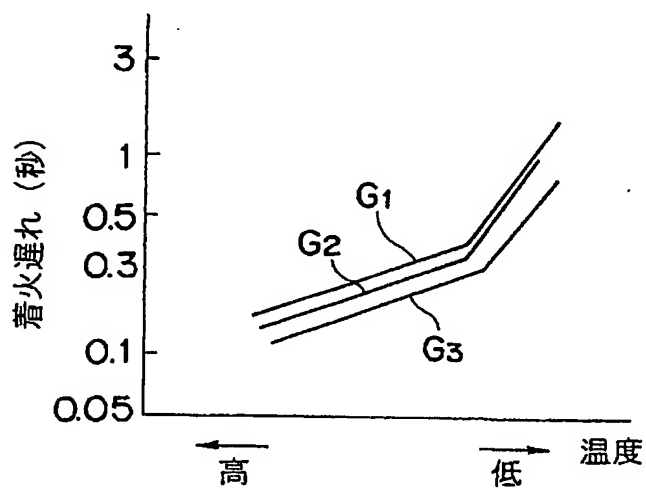
【図 6】



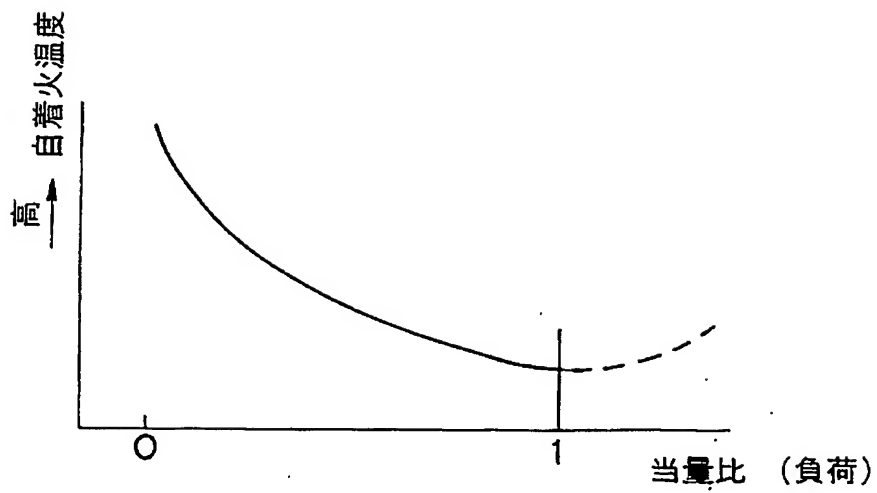
【図 7】



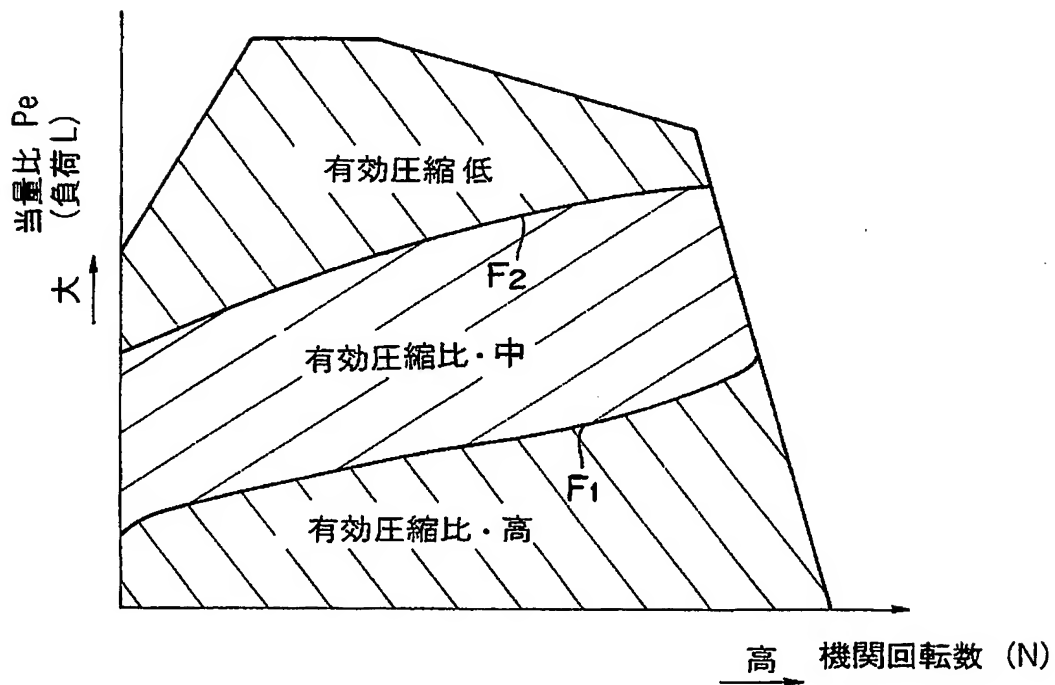
【図 8】



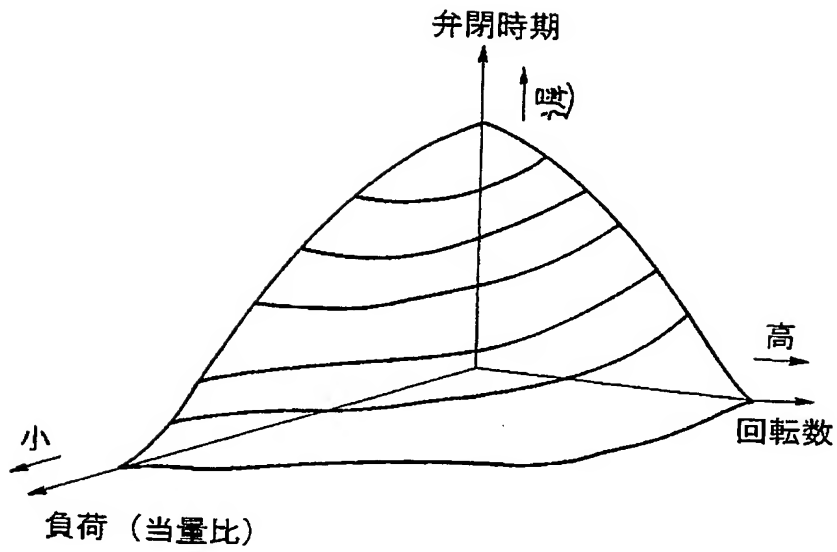
【図 9】



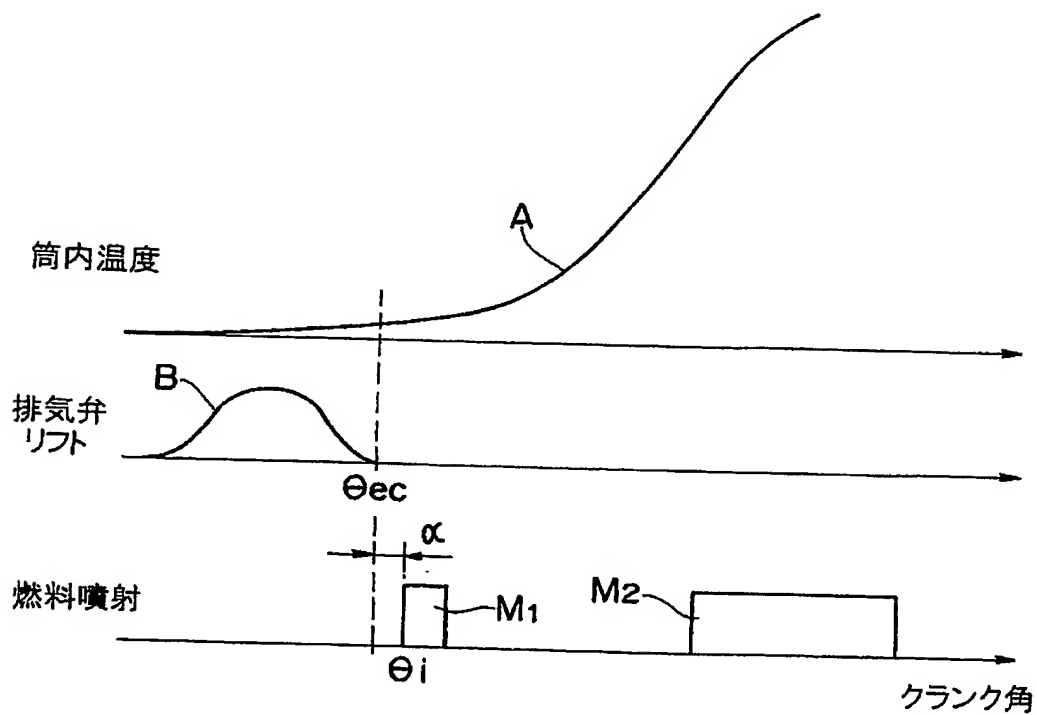
【図 10】



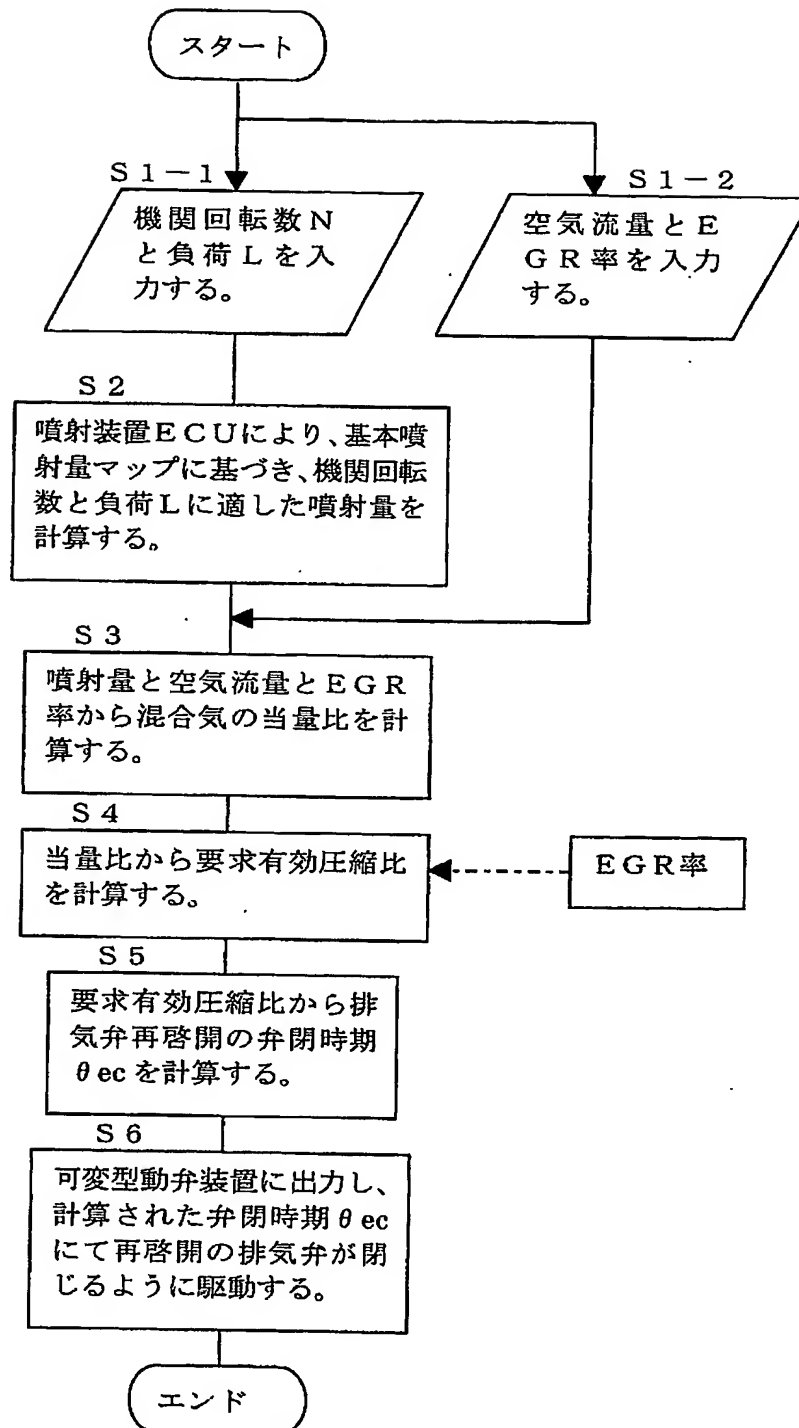
【図 11】



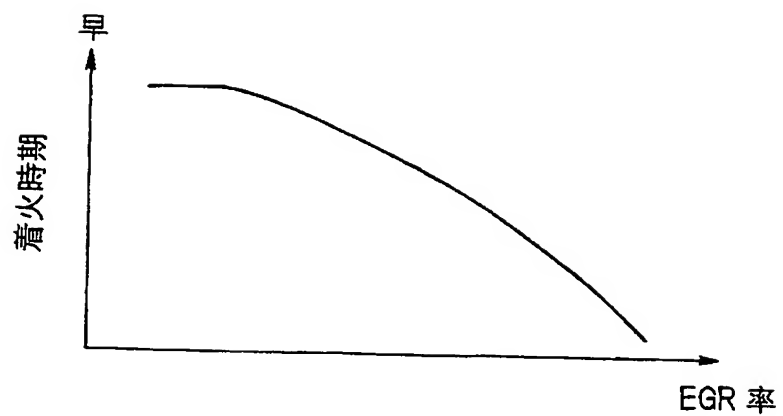
【図 12】



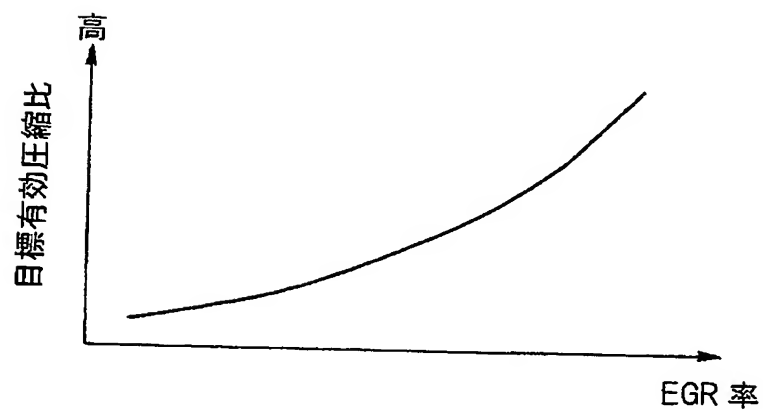
【図13】



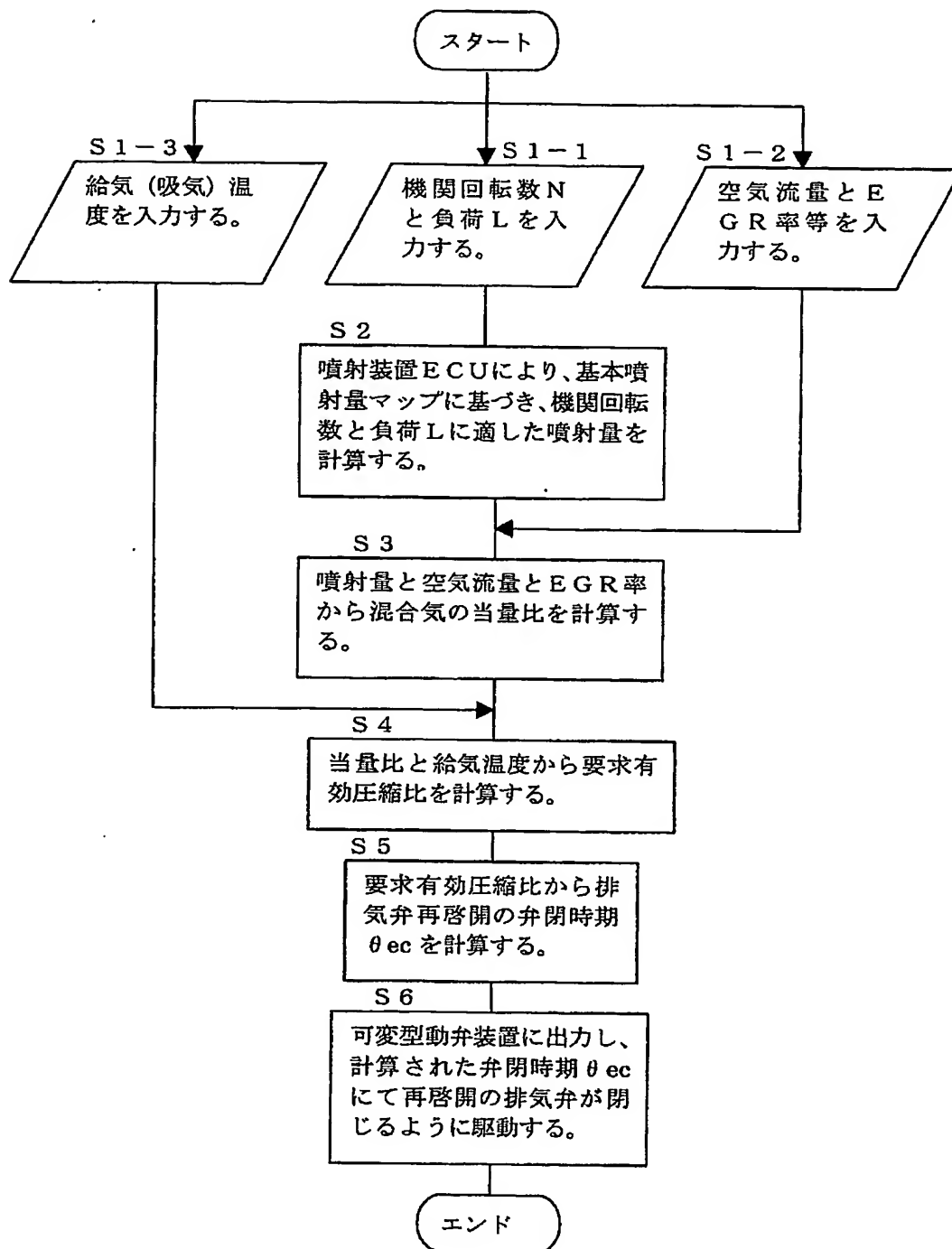
【図 14】



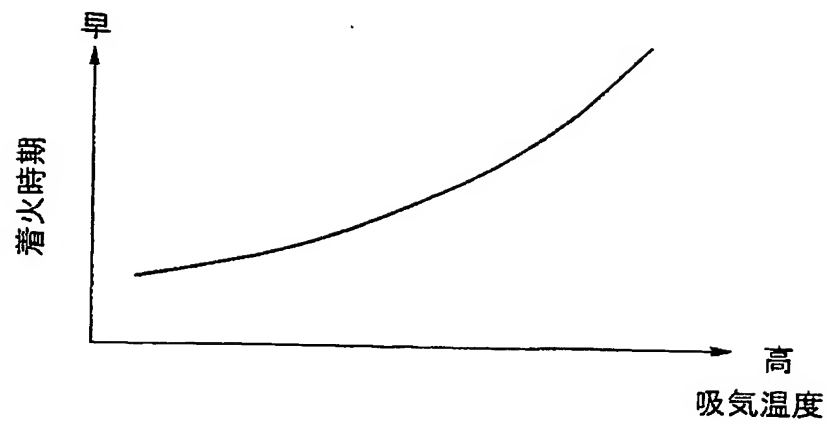
【図 15】



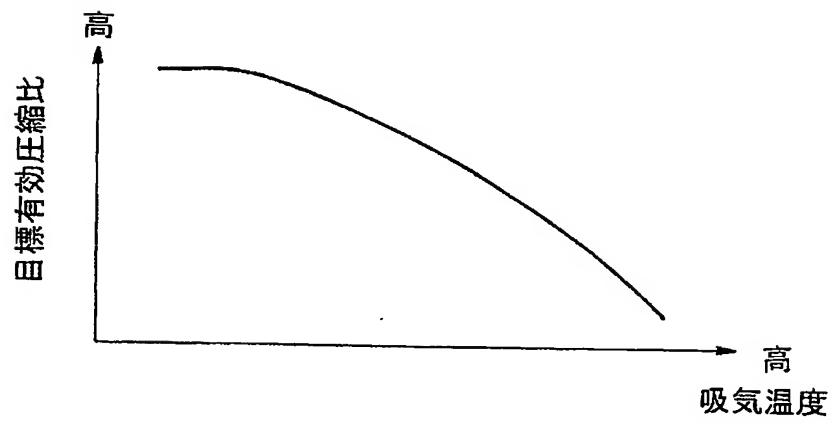
【図 16】



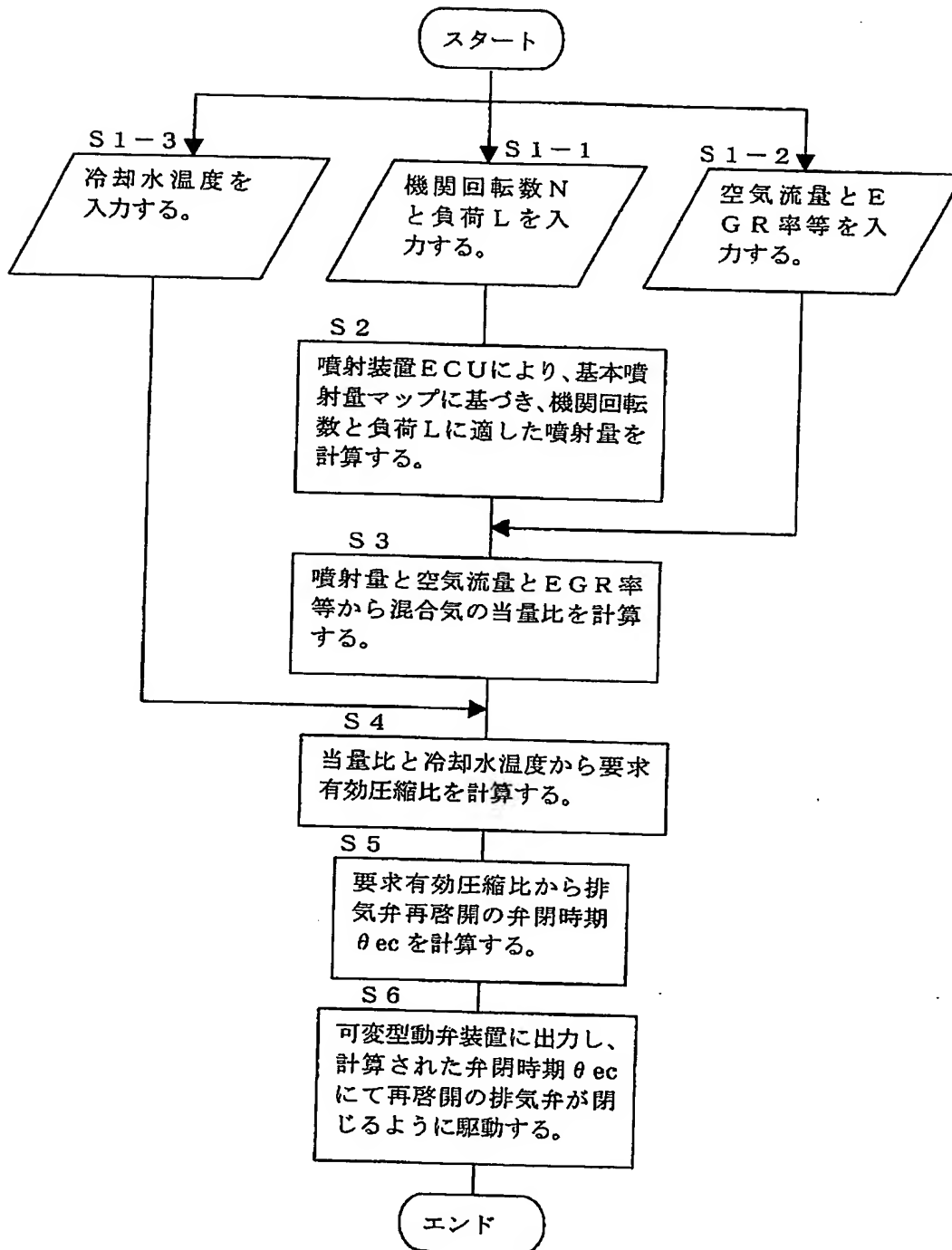
【図 17】



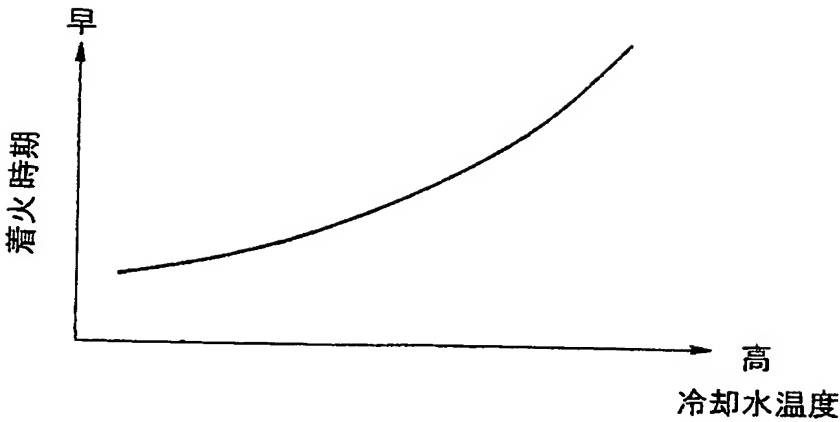
【図 18】



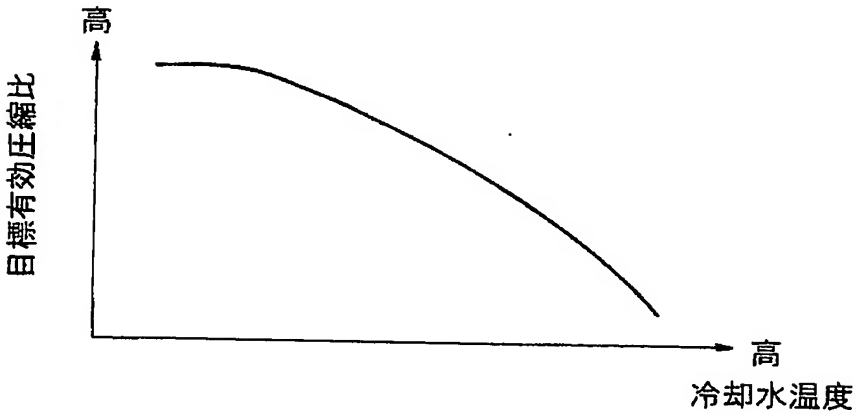
【図 19】



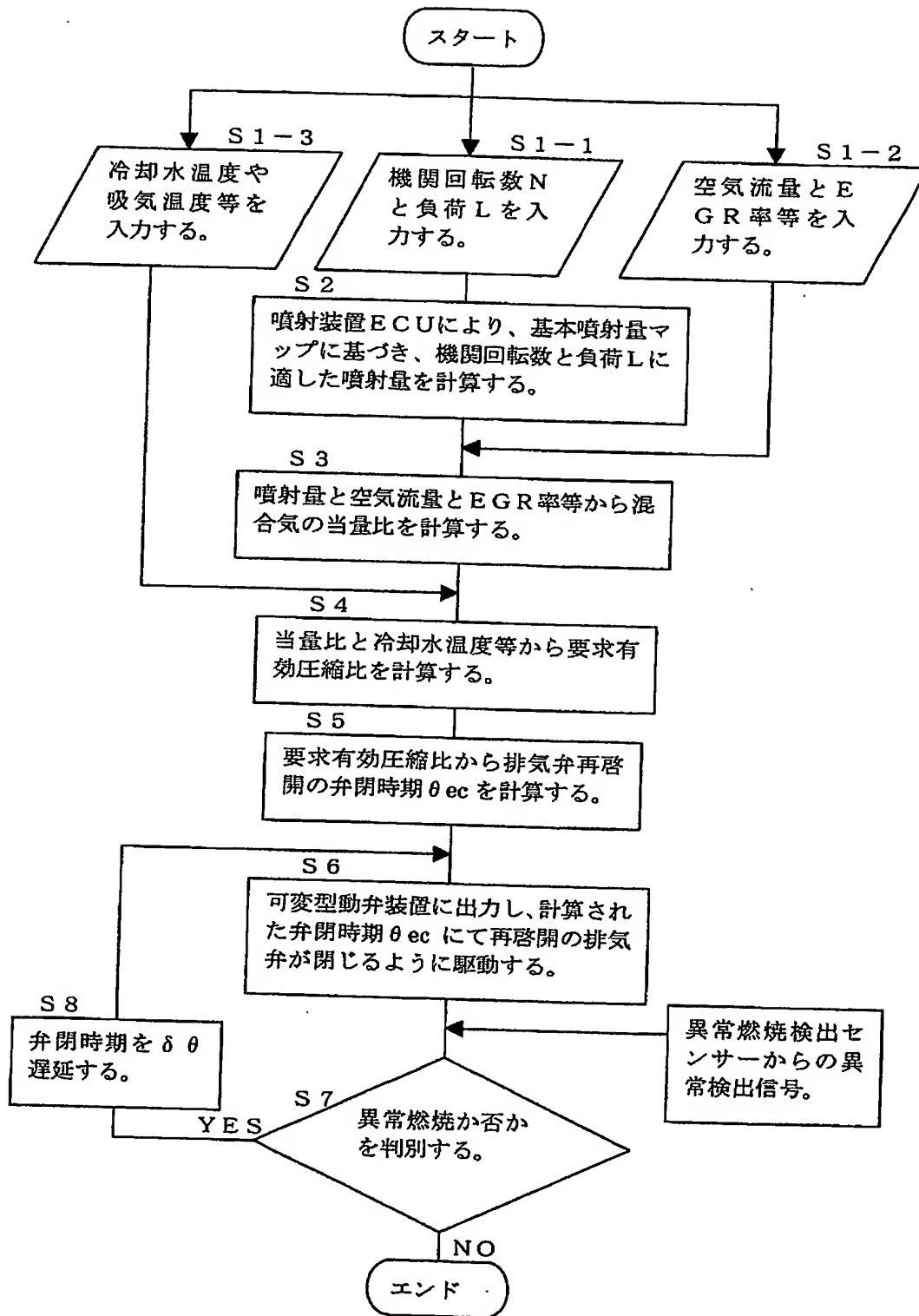
【図 20】



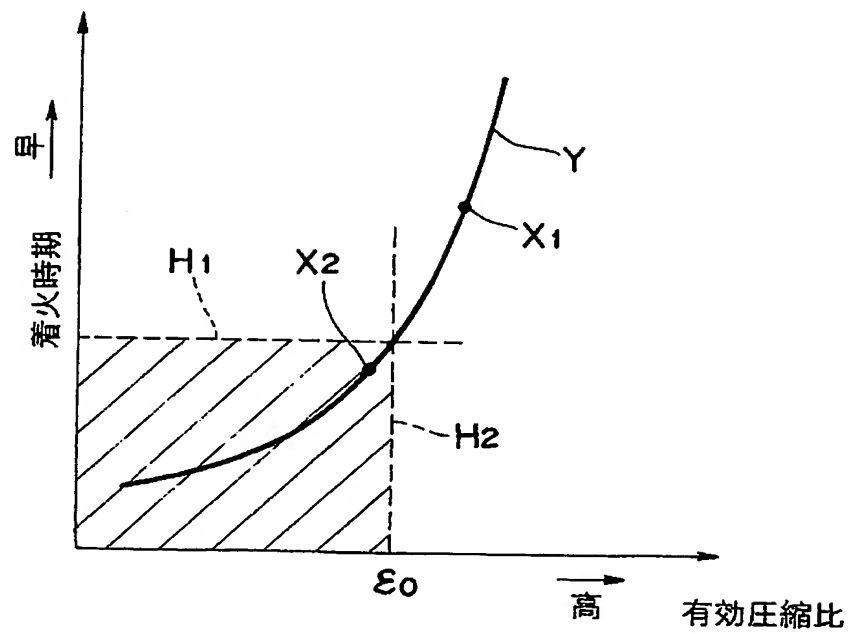
【図 21】



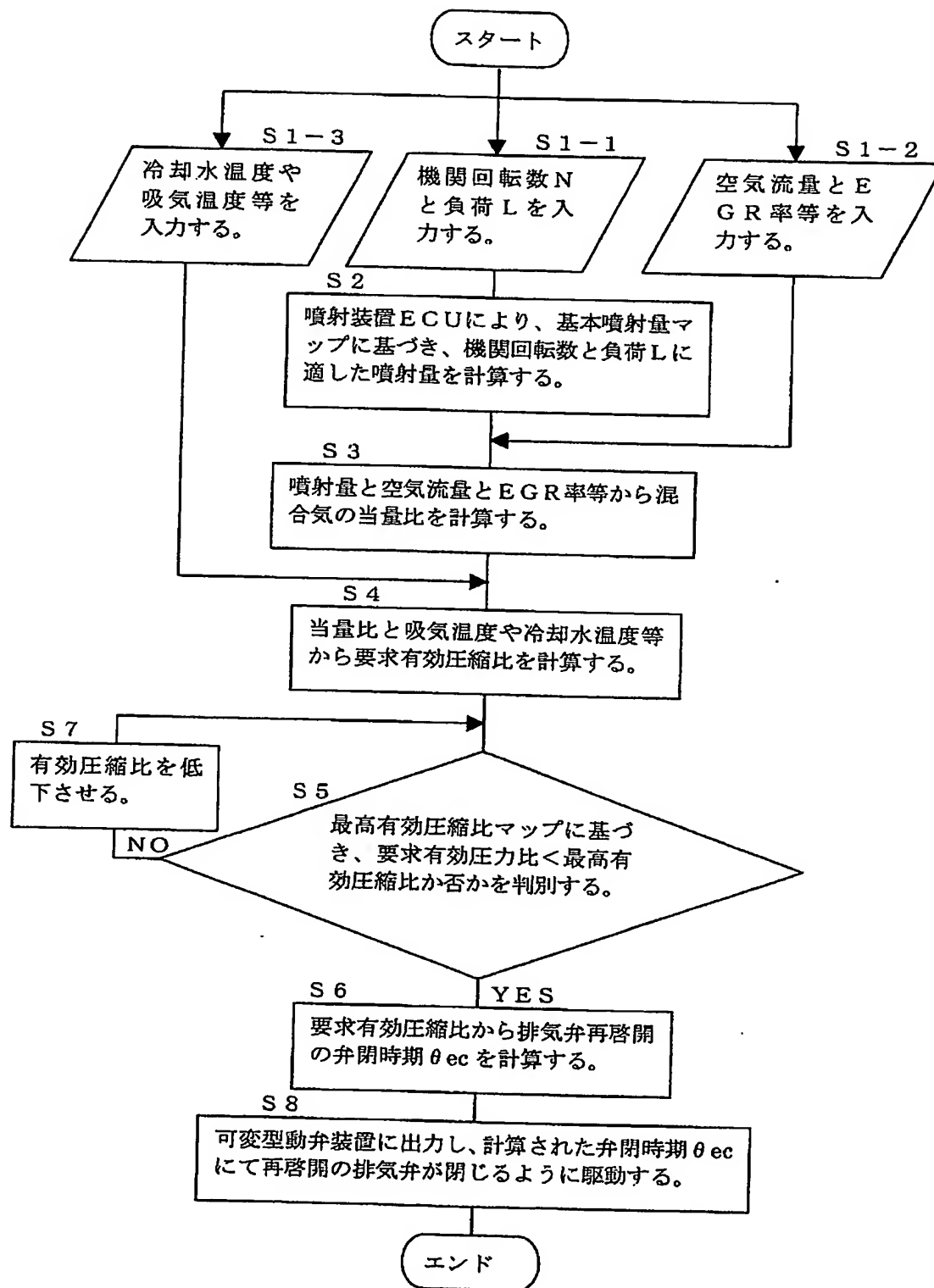
【図 22】



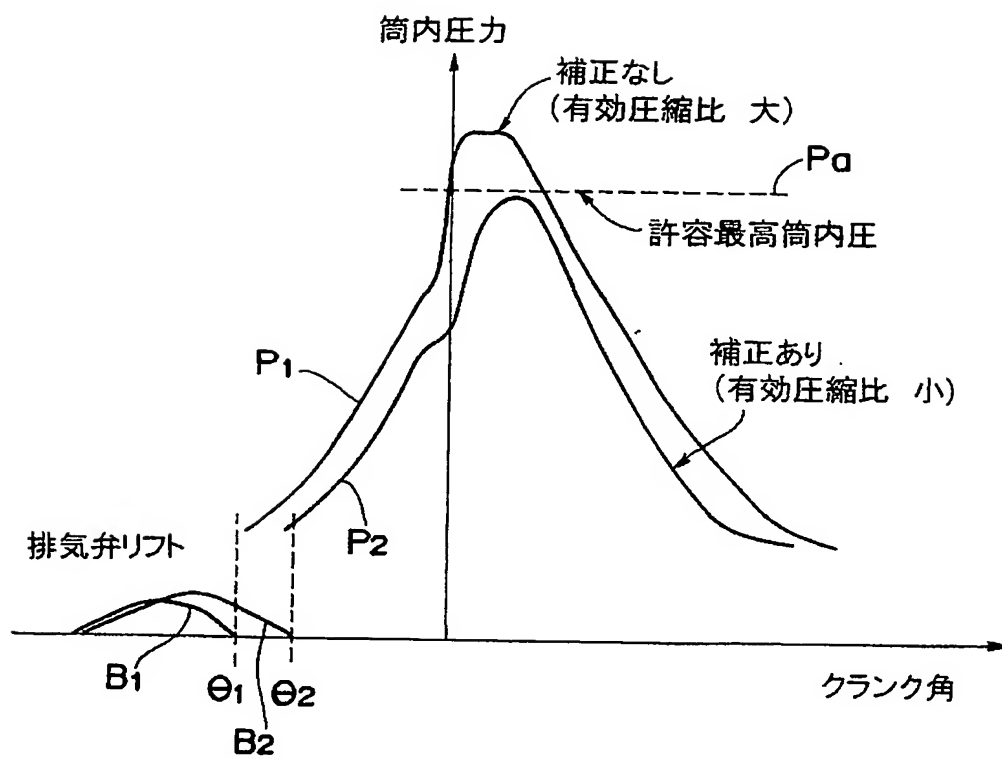
【図 23】



【図 24】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 予混合圧縮自着火式内燃機関において、各運転状況に応じて最適な自着火時期を得られるようにして、燃焼の改善を図ることを目的としている。

【解決手段】 燃焼室内で吸気と燃料を予め混合し、圧縮することにより自着火させる内燃機関の制御方法である。排気弁 9 を圧縮行程中に一時的に再啓開させると共に、該再啓開の弁閉時期を変更自在としており、各運転領域で最適な自着火時期が得られる有効圧縮比となるように、上記再啓開の弁閉時期を変更する。機関回転数と負荷から排気弁の再啓開の弁閉時期マップを形成し、該弁閉時期マップにより、排気弁 9 の弁閉時期を変更する。特に、負荷が小さい運転領域では有効圧縮比を高め、負荷が大きくなるに従い有効圧縮比を低くするように、排気弁 9 の弁閉時期を変更する。

【選択図】 図 1

特願 2003-006063

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006781]

1. 変更年月日
[変更理由]

2002年 9月24日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

大阪府大阪市北区茶屋町1番32号
ヤンマー株式会社